

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

**Konstrukční návrh ochranného krytu pro
stereovizní subsystém MR Herkules**

**Mechanical Design of a Protective Housing for
the Herkules MR Stereo Visual Subsystem**

Student: David Janeček, DiS.
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Krys, PhD.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **David Janeček**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Konstrukční návrh ochranného krytu pro stereovizní subsystém MR Hercules**
Mechanical Design of a Protective Housing for the Hercules MR Stereo Visual Subsystem

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte technické prostředky a konstrukční materiály použitelné pro krytování kamer s ohledem na předpokládanou kusovou výrobu.
2. Navrhněte varianty řešení ochranného krytu kamer na základě specifikovaných požadavků. Varianty rozpracujte do úrovně nutné pro získání parametrů potřebných k jejich systematickému posouzení. Vyberte optimální variantu.
3. Vybranou variantu detailně propracujte s využitím dostupných prostředků pro podporu konstruování.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a pdf a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

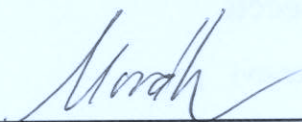
KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2011

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 23. 5. 2011

.....

David Janeček, DiS.

Školní 886/10, 742 21 Kopřivnice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JANEČEK, D. *Konstrukční návrh ochranného krytu pro stereovizní subsystém MR Hercules: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2011, 38 s. Vedoucí práce: Krys, V.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem krytu dvou barevných CCD kamer. V úvodu je popsána současná nedostačující konstrukce a upevnění kamer na rameno robotu Hercules. Následující část práce se zabývá srovnáním možných technických řešení, materiálů krytů a druhy osvětlení pracovního prostoru. Ze srovnání vyplývají dvě varianty krytů, které jsou propracovány do úrovně CAD modelů. Následně je vybrána a detailně zpracována varianta v plastovém provedení. Osvětlení pracovního prostoru je řešeno dvěma výkonnými LED zdroji světla. Vnitřní část krytu je řešena modulárním systémem umožňujícím doplnění kamer o další elektronické prvky. CAD model a technická dokumentace navrženého krytu je součástí přílohy bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

JANEČEK, D. *Mechanical Design of a Protective Housing for the Hercules MR Stereo Visual Subsystem: bachelor thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2011, 38 p. Thesis head: Krys, V.

This thesis deals with product design of housing for two color CCD cameras. The introduction describes the current inadequate design and mounting system on the robot arm of Hercules. The following section deals with comparison of possible technical solutions, materials and types of lighting covering the work area. The comparison of both options is highly developed to the level of CAD models. Subsequently is selected and prepared detailed plastic version. Lighting workspace is solved by two powerful LED light sources. The inner part of the cover is designed as the modular system on which is possible to mount other electronic components. CAD model and technical documentation for the proposed housing are included in Annex thesis.

Obsah

OBSAH.....	1
SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	2
ÚVOD	3
1. POPIS SOUČASNÉHO STAVU	4
VYBRANÉ PARAMETRY KAMER STEREOVIZNÍHO SUBSYSTÉMU	7
2. ANALÝZA KONSTRUKČNÍCH MOŽNOSTÍ KRYTOVÁNÍ KAMER.....	8
2.1 MOŽNÁ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ KRYTŮ KAMER	8
2.3 MATERIÁLY POUŽITELNÉ PRO KRYTOVÁNÍ KAMER.....	9
2.3.1 <i>Kovové materiály</i>	9
2.3.2 <i>Polymerní materiály</i>	10
2.4 DRUHY OSVĚTLENÍ PRACOVNÍHO PROSTORU	12
2.5 MOŽNOSTI UPEVNĚNÍ SVÍTELNY	14
3. VYBRANÉ VARIANTY KRYTŮ KAMER PRO MOBILNÍ ROBOT.....	16
3.1 PLASTOVÝ KRYT	16
3.2 PLECHOVÝ KRYT	17
3.3 POROVNÁNÍ DVOU MOŽNÝCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY	18
4. POPIS VYBRANÉ VARIANTY	19
4.2 KONDENZACE VODY NA PRŮHLEDU	22
4.2.1 <i>Pasivní větrání krytu kamer - přirozené</i>	23
4.2.2 <i>Pasivní větrání krytu kamer - řízené</i>	24
4.2.3 <i>Aktivní větrání krytu kamer</i>	25
4.3 MINIMALIZACE OBSAHU VODY UVNITŘ KRYTU.....	25
4.4 VYŘEŠENÍ VODOTĚSNOSTI KRYTU	26
4.5 OSVĚTLENÍ PRACOVNÍHO PROSTORU	27
4.6 PŘIPEVNĚNÍ SVÍTELNY NA KRYT KAMER.....	29
4.7 VÝPOČET CELKOVÉ HMOTNOSTI SESTAVY	30
4.8 VÝPOČET SVĚRNÉHO SPOJE.....	31
4.9 MONTÁŽNÍ POSTUP	33
5. ZÁVĚR.....	35
<i>Reference</i>	37
<i>Přílohy</i>	38

Seznam použitých značek a symbolů

FDM - Fused Deposition Modeling

SLA - Stereolithography

SLS - Selective Laser Sintering

LOM - Laminated Object Manufacturing

MJM - Multi Jet Modeling

CCD – Charge-Coupled Device

Wi-Fi – označení pro bezdrátovo komunikaci mezi počítači

SiO₂ – Oxid křemičitý, „Silikagel“

TCP – Transmission kontrol Protocol – komunikační protokol

UDP – Used Datagram Protocol – komunikační protokol

Úvod

Navigace mobilních robotů vyžaduje velké spektrum různých systémů, požadavků a řešení. Tak, jako se člověk při nějaké činnosti neobejde bez svých smyslů, tak se i činnost mobilního robotu neobejde bez mnoha senzorů. Záleží na jeho určení.

Předmětem této práce je návrh krytování optických senzorů. Zejména dvou CCD kamer. Kamery je třeba umístit tak, aby jejich poloha umožňovala sledování manipulovaného předmětu a zároveň rozhled a navigování robotu při jízdě vpřed. Je třeba vyřešit upevnění celé sestavy na manipulační rameno robotu a zajistit její minimální hmotnost. Vnitřní prostor krytu kamer je třeba vyřešit tak, aby se minimalizovala možnost kondenzace vody na průhledu. Do prostoru mezi kamerami může být implementován například laserový dálkoměr, nebo jiný druh elektroniky.

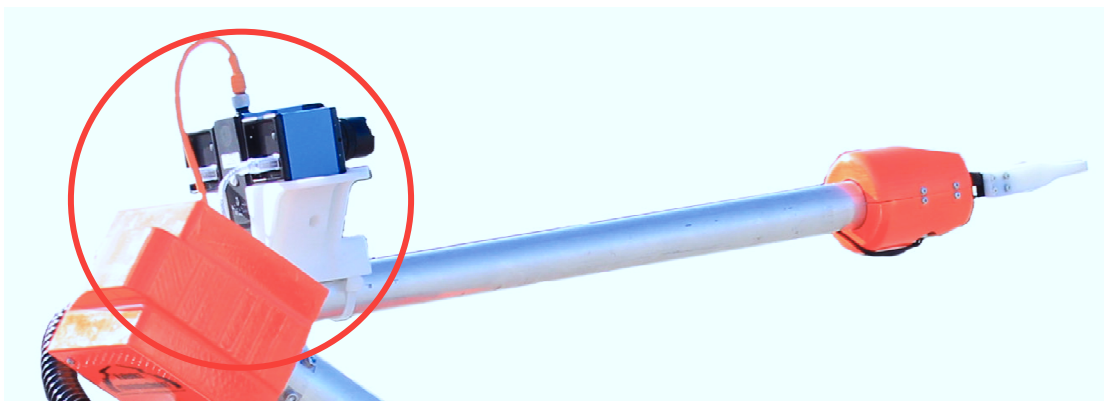
1. Popis současného stavu

Mobilní robot Hercules [13] je osazen dvěma CCD kamerami [17], které jsou shodné s těmi, pro které navrhuji kryt v této bakalářské práci. Kamery jsou upevněny na plastový nosič. Nosič je vytvořený technologií Fused Deposition Modeling – FDM [10]. Celá sestava je pomocí rychloupínacích pásků připevněna k hliníkovému ramenu robotu. Mezi kamerami je připevněn senzor pro měření vzdálenosti. Celá sestava je otevřená a vystavená vlivům okolního prostředí, ve kterém se robot pohybuje. Robot je tedy možné provozovat ve venkovních prostorech pouze za příznivého počasí, zejména pokud nepříší.

Vlivem málo robustního upevnění sestavy na rameno robotu, vystavení jemné elektroniky nepříznivým podmínkám a v neposlední řadě i možnost poškození drahých součástí při nehodě, lze využít pouze část potenciálu robotu. Všechny tyto vlastnosti jsou důvodem pro návrh nového krytu kamer a jeho upevnění na rameno robotu.



Obrázek 1 - Robot Hercules [4]



Obrázek 2 - Detail nosiče kamer [4]

Na internetových stránkách katedry robototechniky lze najít podrobnější informace o celém mobilním robotu Hercules. Robot je součástí projektu zabývajícího se výzkumem a vývojem speciálního víceúčelového zásahového vozidla, které se může využít při expedicích, při různých živelných pohromách nebo protiteroristických akcích. Projekt je realizován ve spolupráci s firmou FITE a. s. [19] Firma FITE a. s. se zabývá oblastmi báňské mechanizace a automatizace.

Informace o robotu shrnuje popis na následující straně.

Podvozek:	4kolový, nezávislé odpružení všech kol
Řízení:	natáčecí zadní náprava (Ackermann)
Pohon:	hnaná přední náprava s diferenciálem
Motory:	- DC motor pro pojezd
	- servo pro zatáčení
	- 3 Maxon EC motory pro rameno
	- DC motor pro chapadlo
	- laserový snímač vzdálenosti na rameni
Senzory:	- inkrementální snímače polohy v pohonech ramene
	- odporový teploměr měřící teplotu okolí
	- detektor plynů Dräger X-am 5000
	- stereovizní kamerová hlava na rameni
Řídicí systém:	- couvací kamera na podvozku
	- dálkové bezdrátové řízení všech funkcí z počítače
	- Radiocrafts RC1280HP (868 MHz) pro pojezd
Přenos signálů:	- Wi-Fi (2,4 GHz) pro obraz z kamery (TCP)
	- Wi-Fi (2,4 GHz) pro řízení ramene a signály senzorů (UDP)
	- podvozek: 990 x 710 x 675 mm
Rozměry:	- délky článků ramene: 450 mm, 860 mm (dosah 1390 mm)
Hmotnost:	165 kg (140 kg podvozek + 25 kg rameno)
Nosnost:	115 kg podvozek; 1,1 kg rameno

Vybrané parametry kamer stereovizního subsystému

[17]

1/4 " Sony CCD

640x480 pixelů

Až 60 snímků/s



Obrázek 3 [17]

Optické vlastnosti	
Citlivost	0.1 lx
Rozlišení	H: 640, V: 480
Rozměr pixelu	H: 5.6 μm , V: 5.6 μm
Elektrické vlastnosti	
Napájení	4.5 až 5.5 VDC
Mechanické vlastnosti	
Rozměry	H: 50.6 mm, W: 50.6 mm, L: 50 mm
Hmotnost	265 g
Max. Provozní teplota	-5°C to 45°C
Max. Provozní vlhkost	20% to 80% nekondenzující

Tabulka 1 [17]

2. Analýza konstrukčních možností krytování kamer

Na trhu lze v dnešní době nalézt mnoho variant krytů kamer. Nejčastěji se jedná o kryty průmyslových bezpečnostních kamer různých provedení a z rozdílných materiálů. Vyrábějí se většinou sériově. V případě krytů kamer používaných u mobilních robotů nelze většinou sériovost brát v úvahu. Kryty jsou buď vyrobené ze snadno dostupných dílů, nebo pro tento účel vyrobených plechových „krabiček“. Pokud se nejedná o humanoidní roboty typu Asimo nebo Aibo tak je design krytů spíše účelový a jednoduchý.

2.1 Možná technická řešení krytů kamer

Pro představu o způsobu krytování kamer lze nalézt na internetových stránkách a zpracovat rešerši dostupných krytů kamer. Jak se postupně zjistí, kryty kamer jsou většinou tvořeny kombinací kovových a plastových dílů. Vše závisí na druhu použití kamery. Konstrukce bezpečnostní venkovní kamery banky se vyrábí z jiného materiálu než malá webová kamera upevněná na monitoru počítače. I když se nejedná o kryty kamer pro robot, tak nám rešerše dá představu o tom, z čeho všeho a jak lze kryty kamer vyrobit.

Informace, které jsem o sériových krytech kamer zjistil, se dají shrnout do několika bodů:

- Vyrábějí se z kombinací ocelových případně hliníkových dílů a plastových výlisků.
- Kryt z plastu je často chráněný plechovým štítem.
- Některé se vyrábějí tlakovým odléváním hliníku.
- Kryty mohou být vybaveny vyhříváním pro omezení kondenzace vody na průhledu.

2.3 Materiály použitelné pro krytování kamer

Robot Hercules se bude pohybovat jak po venkovních tak i ve vnitřních prostorech. S ohledem na kusovou výrobu a dostupné technologie jsem se rozhodoval mezi dvěma druhy materiálu. Kovem a plastem.

2.3.1 Kovové materiály



Obrázek 4 - Vnější kryt kamey vyrobený z hliníku technologií odlévání [14]

Obecně lze říci, že vyrobit kryt kamer z kovu se díky jeho vlastnostem přímo nabízí. Snadno se zpracovává a pokud se zaměříme na kov, který je nejsnáze dosažitelný. Ze všech kovů přijde v úvahu nejdříve ocel. Může se brát v potaz také například hliník. Přestože hliník nabízí v porovnání se stejným objemem oceli nižší hmotnost, je zpracování hliníku náročnější a také dražší. Zároveň díky vyšší pořizovací ceně hliníku se tento materiál pro výrobu jednoho kusu krytu kamer nehodí.

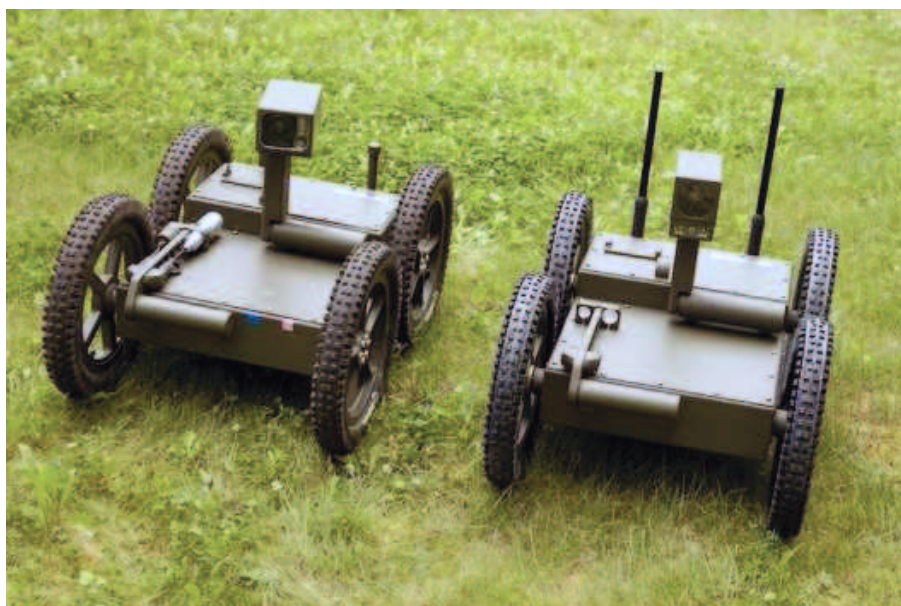
Zaměřím se proto nyní na ocel. Na trhu je k dostání mnoho druhů oceli a také několik technologií k jejímu zpracování.

Jedním omezujícím faktorem je výsledná hmotnost celé sestavy krytu kamer. Z tohoto důvodu se neuvažuje o jakémkoliv typu obrábění. Výroba tenkých stěn krytu by byla zbytečně komplikovaná. Nejtenčí stěny krytu při dostatečné robustnosti nám poskytuje ocelový plech. Svitek nerezového plechu zaručí i

odolnost vůči povětrnostním vlivům, které mohou působit při provozu robotu Hercules za deštivého počasí.

Svařovaná (pájená) plechová krabička vychází jako nejrozumnější řešení.

V úvahu přichází v tomto případě pájení pomocí tvrdé pájky a nebo odporové svařování. V druhé případě bude třeba o něco více plechu pro překládání a místo pro svar.

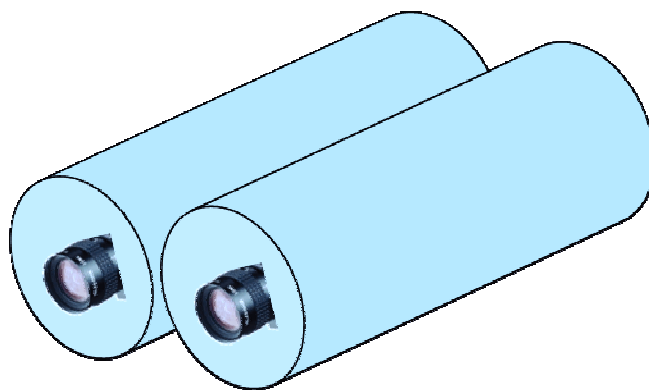


Obrázek 5 - Kryt kamery robotu Orpheus [16]

2.3.2 Polymerní materiály

Polymerní materiály často nabízejí větší možnosti v oblasti designu za současného snížení spotřeby materiálu, z čehož vyplývá i jejich nižší hmotnost. Plasty nepodléhají také významné korozi tak jako kovy a není nutná jejich další povrchová úprava.

Pro zpracování plastů existují různé technologie. V sériové výrobě se vyplatí postavit lisovací formu a vyrábět komponenty krytů technologií lisování. V kusové výrobě je možno využít již hotové polotovary nebo výrobky. Například trubky o světlosti přes 50 mm (Obrázek 6), nebo krabičky různých tvarů a rozměrů.

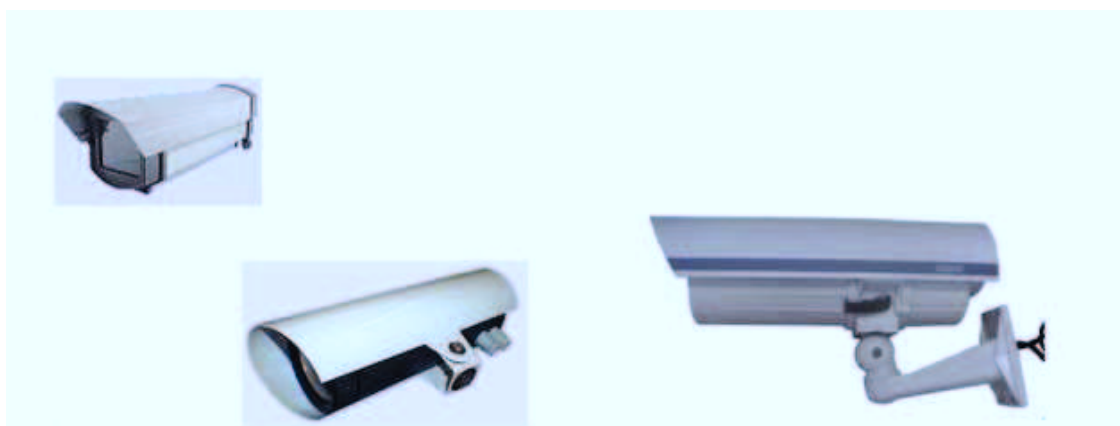


Obrázek 6

Pro představu jsem několik typů plastových krytů prostudoval. Nejčastější jsou na obrázcích 7 a 8 [15].



Obrázek 7



Obrázek 8

2.4 Druhy osvětlení pracovního prostoru

Zaměřil jsem se hlavně na taktické svítilny. Důvodem byla zejména jejich světelná výkonnost ve výborném poměru vůči mechanickým vlastnostem a odolností proti povětrnostním podmínkám. Ceny taktických svítilen začínají kolem 800 Kč a šplhají se až k 6-ti tisícům Kč.

Vybral jsem několik vhodných taktických svítilen a systémů upevnění, které můžu použít na krytu kamer.

Malé rozměry a zároveň i nízká hmotnost jsou předností svítilny na obrázku 9.



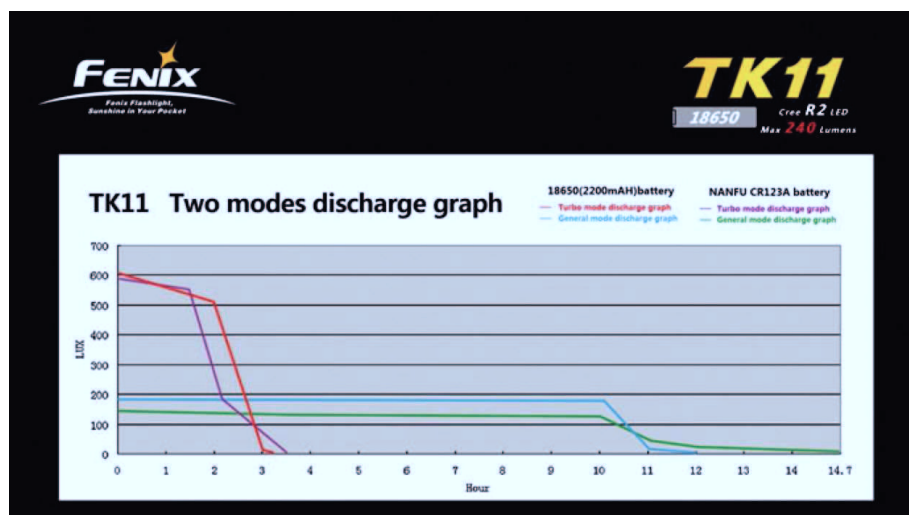
Obrázek 9 [5]

Taktická svítilna Fenix nabízí vysoký světelný výkon, kvalitní materiál těla, ale její upevnění je trochu komplikovanější.

[1]



Obrázek 10 [5]



Obrázek 11 - Průběh svítivosti taktické svítilny od firmy Fenix

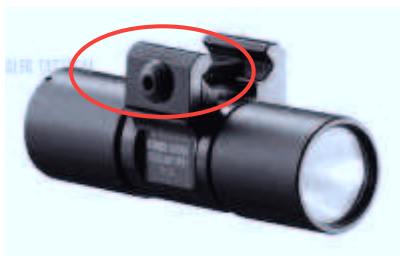
Vysoký výkon a dlouhá doba svícení jsou dány technologií LED v kombinaci s kvalitním odražečem světla.



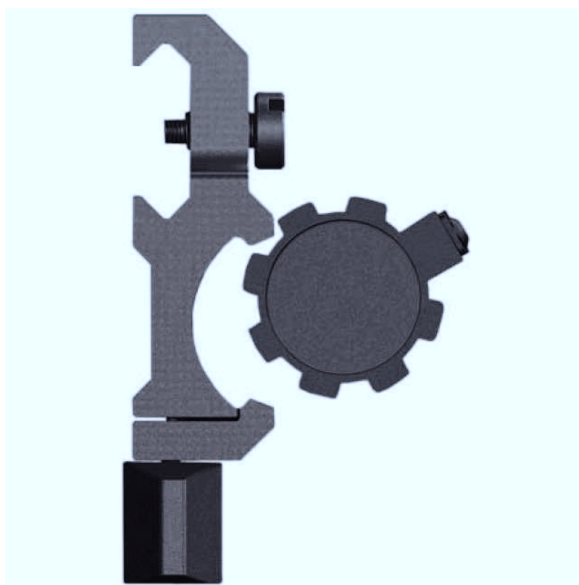
Obrázek 12 [5]

2.5 Možnosti upevnění svítilny

Prizmatické upevnění vhodné pro aplikaci na kryt kamer.



Obrázek 13 [18]



Obrázek 14 - Řešení montáže svítilny a upevnění za její část (omezení typem svítilny) [9]

Upevnění svítilny na celý průměr.



Obrázek 15 [8]

Jednoduché upevnění nabízí tento typ. Pomocí dvou šroubů na jedné matici válcového profilu lze upevnit širokou škálu průřezů svítilen. Nosič svítidel na krytu by musel být tomuto upevnění přizpůsoben.



Obrázek 16 [12]

3. Vybrané varianty krytů kamer pro mobilní robot

Nejčastějším materiálem, ze kterého se vyrábějí kryty průmyslových kamer a mobilních robotů, je plast nebo plech. Z plastu se vyrábějí kryty zejména ve větším množství, kdy se vyplatí vyrobit formu pro odlisování. Plechové kryty většinou tvoří doplněk plastovému krytu a samostatně je můžeme nalézt u optických subsystémů mobilních robotů.

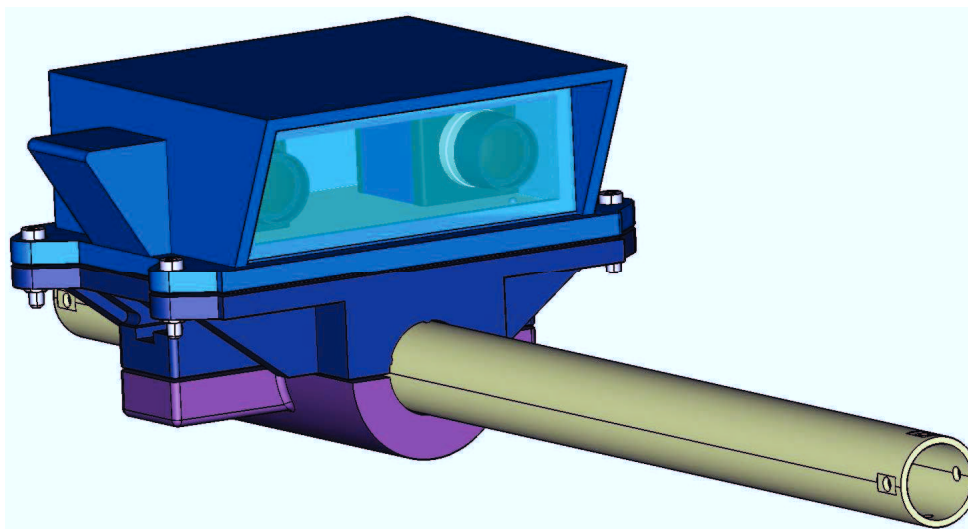
3.1 Plastový kryt

Pro první alternativu byl navržen kryt kamer z plastu. Pro výrobu krytu se zvolil vzhledem k požadavku vyrobit jeden kus, technologii 3D tisku – FDM. Vycházelo se z praktických zkušeností dodavatele komponent do automobilového průmyslu. V tomto průmyslovém odvětví se využívá technologie FDM k výrobě funkčních prototypů pro potřeby vývoje i zákazníků.

Pro kusovou výrobu krytu optického subsystému robotu Hercules je technologie FDM [10] vhodným kandidátem. Výhodami jsou zejména relativně rychlá a velmi přesná výroba přímo podle CAD modelu. Není třeba zhotovit podrobnou výkresovou dokumentaci a samotná výroba se děje automaticky téměř bez zásahu člověka. Za zmíněné výhody ale zaplatíme vyšší pořizovací cenou.

Katedra Robotechniky touto technologií v současné době přímo disponuje.

Plastový kryt se skládá celkem z 28-ti dílů (včetně spojovacího materiálu). Hlavní část krytu je dvoudílná a dělí se na nosnou část a krycí část. Krycí část je shora montována čtyřmi šrouby na nosnou část. Mezi nimi je těsnění. Nosná část spolu s objímkou obepíná trubku manipulačního ramena robotu a pomocí dvou šroubů vytváří svěrný spoj. Vnitřek krytu kamer je řešen modulárním systémem. Účelem tohoto modulu je umožnit snadnou změnu konfigurace elektronických součástek uvnitř krytu. Kamery [17] jsou upevněny každá čtyřmi šrouby na nosnou plechovou desku. Deska umožňuje doplnit sestavu kamer o další elektronické součástky (například senzorem pro měření vzdálenosti). Výhodou modulárního systému je, že není třeba vyrobit nový kryt v případě, kdy potřebujeme změnit vzájemnou vzdálenost kamer a nebo přidat nové funkční prvky.



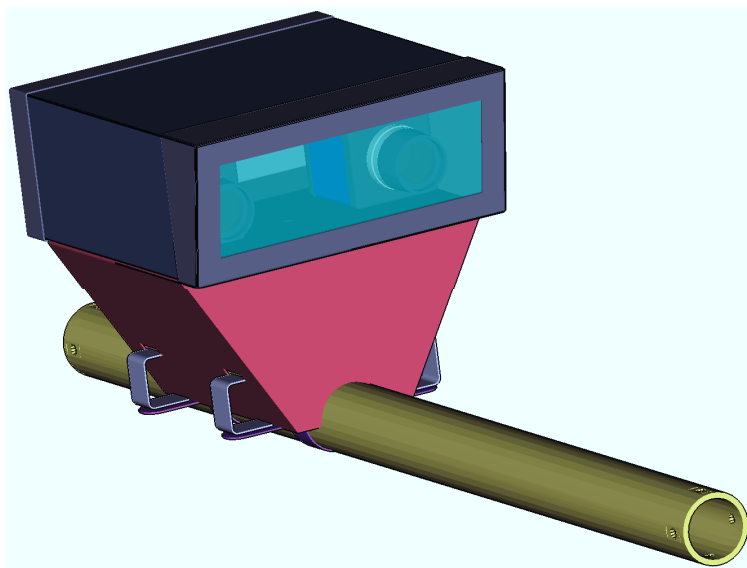
Obrázek 17

3.2 Plechový kryt

Druhou alternativou krytu je standardní plechový kryt, který můžeme nalézt na většině mobilních robotů pro civilní i vojenské účely. Mezi jejich výhody bude patřit zejména mechanická odolnost a vzhledem ke kusové výrobě také příznivá cena.

Plechový kryt se skládá ze 41-ti dílů (včetně spojovacího materiálu). Plechový svitek složíme do tvaru nakresleném na obrázku č. 18 a technologií pájení spojíme v jeden celek. Čelní a zadní kryt jsou odnímatelné a proti vniknutí vody chráněné pěnovým těsněním obdélníkového tvaru. Oba kryty jsou připevněny šrouby do hlavního tělesa. Do předního krytu je vložena průhledná plastová deska z polykarbonátu. Deska je ke kovové části přilepena. Kamery uvnitř krytu tvoří v základní verzi podsestavu o 3 dílech. 2 díly jsou samotné kamery, které drží pomocí 4 šroubů na plechové desce.

Celá podsestava může být vyjmuta z krytu a upravena nebo rozšířena o další komponenty jako je například senzor pro měření vzdálenosti. Napájecí a datové kabely jsou vyvedeny těsněnou průchodkou. Průchodka je umístěna v zadním krytu a umožňuje propojení s řídicím systémem robotu. Upevnění celé sestavy na rameno robotu je vyřešeno silovým spojem pomocí dvou upínek. Upínky jsou staženy celkem čtyřmi šrouby.



Obrázek 18

3.3 Porovnání dvou možných technologií výroby

Pro porovnání jsem si zvolil kritéria, která vyplývají z celkového požadavku na funkčnost kamerového subsystému. Hodnotící kritéria jsem známkoval stupnicí od 1 do 6, přičemž 1 znamená pozitivní přínos a 6 znamená negativní přínos zvolené technologie vzhledem k požadovanému výsledku.

Porovnání zvolených variant		
Hodnotící kritéria	Zvolená technologie výroby	
-	plast - technologie FDM	kov - technologie tváření pájení
Hmotnost	2	3
Pracnost	1	4
Cena	5	3
Mechanické vlastnosti	4	2
Přesnost	1	5
Možný vzhled	1	5
Výsledné hodnocení (suma)	14	22

Tabulka 2

Z porovnání vyplývá, že pro vybavení optického subsystému robotu Hercules vhodným krytem volím plastový materiál a technologii FDM.

4. Popis vybrané varianty

Polymerní materiály často nabízejí větší možnosti v oblasti designu za současného snížení spotřeby materiálu, z čehož vyplývá i jejich nižší hmotnost. Plasty nepodléhají také významné korozi tak jako kovy a není tak nutná další povrchová úprava.

Vzhledem ke kusové výrobě lze ale u této technologie reálně uvažovat pouze o nejbližše dostupné technologii na katedře Robototechniky – Rapid Prototyping (FDM) [10].

Technologie Rapid Prototyping [10] je v podstatě souhrnný název pro více technologií stavby prototypů.

Stereolithography – SLA, SL

Selective Laser Sintering – SLS

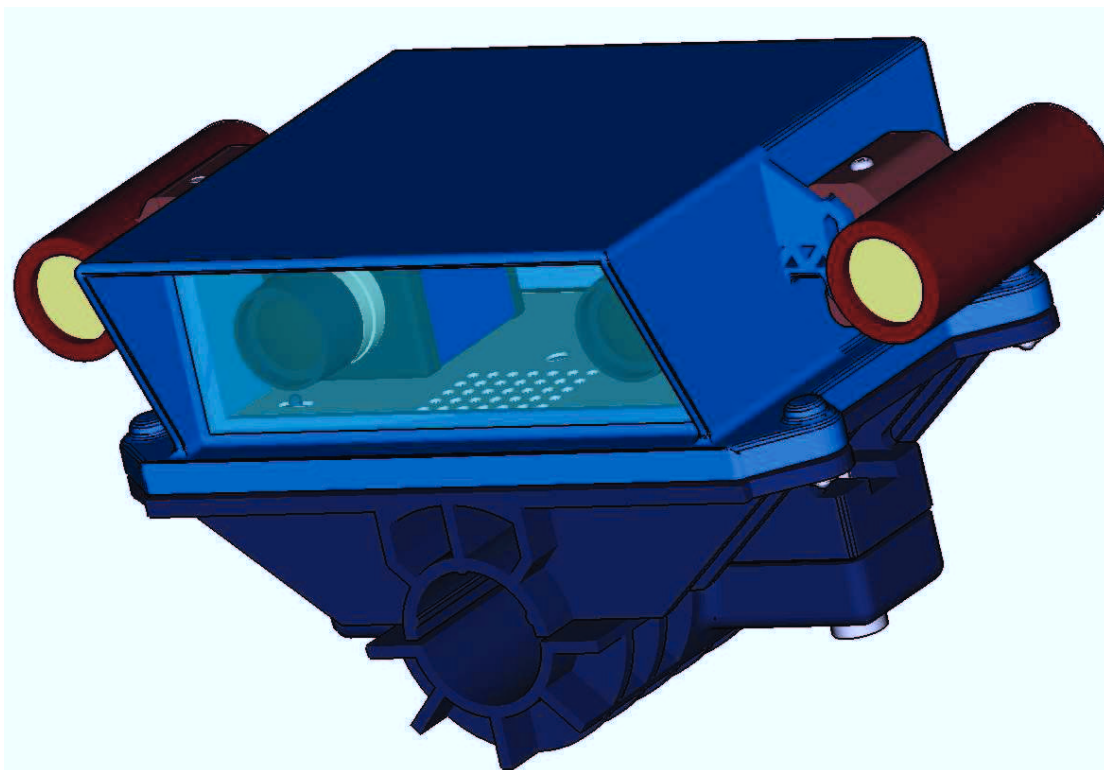
Laminated Object Manufacturing – LOM

Fused Deposition Modeling – FDM

Multi Jet Modeling – MJM (3D tisk)

Katedra Robototechniky má k dispozici technologii výroby prototypů FDM.

Technologie výroby Fused Deposition Modeling nabízí velký prostor pro různá technická řešení bez ohledu na vyrobitelnost dílu, jako je tomu například u technologie lisování plastů. V návrhu dílů je možné vytvořit podkoso, výztuhy a různé vzhledové prvky, které by jinak vyrobit nešly, protože by výlisek nešel vyndat z formy (pokud by forma vůbec šla vyrobit).



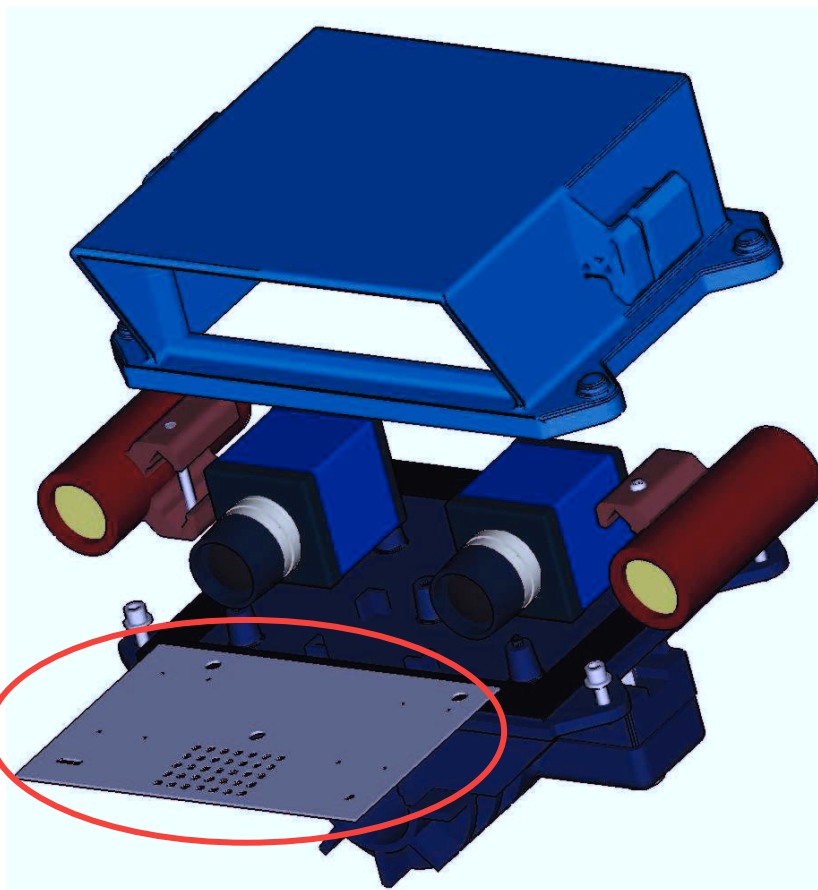
Obrázek 19

Kompletní subsystém

- Materiál krytu : PC
- Technologie výroby: Fused Deposition Modeling
- Hmotnost: ~ 2695 g – bude předmětem optimalizace
- Výška: 127 mm
- Šířka: 200 mm
- Hloubka: 165 mm

Optické subsystémy

- Kamera: USB 1/4 “ CCD Color Camera
- Rozlišení, citlivost: 640x480 pixel, 0,1lx
- Rozteč kamer: 120 mm
- Světelný tok LED zdrojů: 240 lm



Obrázek 20

Na obrázku č.20 je zobrazena modulární plechová deska. Jejím účelem je nést elektronické součástky uvnitř krytu. Zejména dvě CCD kamery. Tento systém je navržen tak, aby bylo možné jednoduše změnit vnitřní konfiguraci elektronických součástek a dílů, případně je doplnit o další. Například senzor pro měření vzdálenosti. V přední části plechové desky jsou dva naváděcí lokátory typu díra a slot. Celá deska je připevněna třemi samořeznými šrouby a sedí na celkem pěti podporách. Střední část desky je děrovaná pro usnadnění proudění vzduchu. Pod otvory se nachází sáček s granulemi oxidu křemičitého. Pohybu sáčku brání malá ohrádka, která je součástí plastové nosné části. Výhodou takového řešení je umožnění změny obsahu krytu bez nutnosti jej vyrobit znovu.

4.2 Kondenzace vody na prűhledu

Naše troposférická atmosféra je směs suchého vzduchu obsahujícího 78% dusíku, 21% kyslíku, 1% argonu a některých dalších plynů, a vodní páry [1], [7].

Kondenzace je změna fyzického stavu vody z plynného skupenství do kapalného. Vodní pára přirozeně kondenzuje na plochách o menší teplotě než má samotná pára.

S kondenzací vody se setkává každý z nás. Důležitým pojmem je tlak nasycených par. Tlak nasycených par není funkcí tlaku vzduchu, ale výrazně závisí na teplotě. Můžeme využít tabulkové hodnoty, ale s dostatečnou přesností můžeme počítat podle vzorečku $e_s = 6.11 \times 108.573 - 2340/T$ mb. Pro 0°C je tlak nasycených par 6.11 mb a například pro 100°C je 1013 mb. Relativní vlhkost je $f = x/x_s = e/e_s$ většinou vyjadřovaná v procentech. Absolutní vlhkost je hustota nasycených par v jednotách g/cm³.

Mnoho majitelů domů i bytů si nechalo vyměnit stará dřevěná okna za plastová a někteří z nich byli nemile překvapeni. Zdi uvnitř bytu začaly spolu s některými místy oken plesnivět.



Obrázek 21

Dřevěná okna umožňovala díky netěsnostem přirozenou cirkulaci vzduchu. Plastová okna oproti těm starším ze dřeva výborně těsní. Sklo těchto oken je v zimě díky nízké teplotě venkovního vzduchu chladnější než teplota uvnitř bytu. Vnitřní vzduch obsahuje díky své teplotě většinou převyšující 20 °C hodně vodní páry (vlhkosti). A je již vlastností vodní páry, že na chladnějším povrchu ráda kondenzuje. Abychom se vlhkosti uvnitř bytu, která orosení způsobila, zbavili, tak musíme pořádně

vyvětrat. Tím odvedeme vlhký vzduch ven a dostaneme do pokoje chladnější vzduch z venku, který díky své teplotě obsahuje méně vody a po ohřátí je schopen pojmout další vlhkost.

Vzduch obsahuje vodu, která kondenzuje na místech o nižší teplotě než má on sám. Vzduch bude i uvnitř krytu. Někoho nyní možná napadá, že bych mohl po smontování krytu kamer vzduch vysát a tím minimalizovat obsah vody uvnitř krytu. Pokud si ale přečteme něco o vlastnostech plastů, tak zjistíme, že tento materiál vodu obsahuje. Proto odsátí vzduchu, napuštění vnitřní části krytu jiným plynem bez vody a podobné pokusy nyní vylučuji z dalších úvah. Ano, možná by to trochu pomohlo, ale všechno něco stojí a proto se poohlédnu po jiném řešení.

Pokoj lze ale vyvětrat oknem. Kryt kamer můžeme také „vyvětrat“. Pravděpodobně se ale nebude kvůli větrání krytu kamer navrhovat okno podobné tomu v bytě. Kryt bude rozebíratelný, ale rozebírat jej kvůli odstranění vlhkosti také nikdo nebude. Bylo by to značně nepraktické. Pokud bude robot pracovat v dešti, tak jeho obnaženým elektronickým součástkám voda rozhodně neprospěje. Každopádně budu ještě s touto variantou pracovat.

Pokud výrobci plastových oken doporučují pro odstranění vlhkosti z bytu často a intenzivně větrat, tak se pokusme zamyslet nad tím, jak efektivně větrat kryt a zároveň zachovat jeho vodotěsnost. Sportovci používají speciální oblečení, jehož úkolem je odvádět vlhkost a zároveň je toto oblečení nepromokavé („vodotěsné“). Když se zaměříme na tuto zdánlivě záhadnou vlastnost, tak zjistíme, že funguje na velmi jednoduchém principu. Je možné vyrobit textilií, jejíž vlákna jsou tak blízko sebe, že mezery mezi nimi budou menší než kapky vody a zároveň větší než molekuly vodních par. Nepromokavý a zároveň paro-prodyšný oděv je na světě.

4.2.1 Pasivní větrání krytu kamer - přirozené

Vyrobí-li se ve stěně krytu kamer otvor a ten se touto textilií [6] zalepí, tak se získá možnost větrání celého vnitřního prostoru. Otvorem se neodvede pouze vlhkost, ale způsobí se zejména cirkulace vzduchu. Cirkulaci vzduchu způsobí zahřívání elektronických součástek, které bude ohřívat také vzduch uvnitř krytu. Kryt bude takzvaně dýchat. Při zahřívání vnitřního vzduchu se bude zvyšovat jeho tlak a

otvorem zakrytým textilií se bude vyrovnávat s venkovním tlakem. Vzduch bude proudit ven z krytu.

Prakticky to znamená, že teplý vzduch bude unikat ven z krytu. Prouděním vzduchu uvnitř krytu se omezí kondenzace vodní páry na chladných místech průhledu. Proudění vzduchu k zamezení kondenzace vodních se využívá například na vnitřní části předního skla automobilu. Zejména v chladných ročních obdobích. Princip bude samozřejmě fungovat i opačně. Okolní vzduch bude při ochlazování vnitřního prostoru krytu zmenšovat svůj objem, současně s tímto jevem bude uvnitř klesat tlak a jakmile tento tlak bude nižší než atmosférický, tak bude kryt kamer nasávat přes otvor s textilií venkovní vzduch. Díky vlastnostem textilie sice molekuly kapalné vody dovnitř krytu nevniknou, ale dovnitř se znovu dostane voda v podobě páry. V přechodových stavech, tedy zejména tehdy, když vnitřní teplota nebude ještě dostatečně vysoká na to, aby vzduch kolem průhledu proudil, může voda na průhledu kondenzovat. Například v zimě při přejezdu z vytopené místnosti s velkou vlhkostí vzduchu do venkovních prostor o teplotě pod bodem mrazu. Vodní pára bude kondenzovat na vnitřní straně průhledu.

Výše popsané principy je možné pojmenovat jako pasivní větrání krytu kamer. Intenzita větrání bude závislá pouze na změně teploty vnitřního prostoru. Teplota bude navíc pouze nepřímo řízena a to zejména vlastnostmi použitých elektronických součástek.

4.2.2 Pasivní větrání krytu kamer - řízené

Pokud je záměrem zvýšit efektivitu pasivního větrání, tak lze do krytu přidat topení. Využije se tak známého principu, kdy při průchodu elektrického proudu vodičem, se tento vodič bude zahřívat. Teplota vodiče bude přímo úměrná odporu vodiče, času, po který jím bude protékat proud, a jeho druhé mocnině [2].

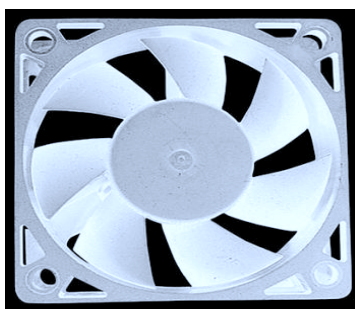
$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad [1.2.2.1]$$

Výše uvedené principy zůstanou stejné, pouze se získá možnost přímo ovlivnit teplotu uvnitř krytu v již zmíněné přechodové fázi. Situace nastane když se elektronika sama zahřeje a začne sama ohřívat vzduch uvnitř krytu. Odporové topení

lze navíc přemístit do míst, kde bude třeba teplotu zvýšit nejdříve. Topení lze umístit přímo do spodní části průhledu.

4.2.3 Aktivní větrání krytu kamer

Pokud je možné využívat princip pasivního větrání, tak lze využít i princip aktivního větrání. Tedy nucené proudění vzduchu. Ve všech případech byl vzduch nucen proudit vlivem rozdílu tlaku uvnitř a vně krytu kamer. Pro tento způsob větrání bylo třeba vyrobit v krytu otvor, který proudění umožňoval. Pro aktivní větrání otvor již není třeba. Kryt kamer se může utěsnit.



Obrázek 22

4.3 Minimalizace obsahu vody uvnitř krytu

Výše uvedené návrhy se zabývají zamezením kondenzace vody na průhledu pomocí změny fyzikálních podmínek, při kterých je kondenzace vidět. Pokud se bude vycházet ze zkušenosti, že vody uvnitř krytu se nelze zbavit, tak se může uvažovat o tom, jak její přítomnost minimalizovat.

Minimalizovat obsah vody uvnitř krytu lze následovně:

- Odčerpat vzduch.
- Montovat kryt kamer v mrazáku (malá vlhkost vzduchu).
- Naplnit vnitřní prostor krytu plynem, který neobsahuje vodu.

Lze hledat spoustu různých řešení, ale nabízí se jedno ověřené praxí. Koupil jsem si boty a v krabici ležel malý sáček naplněný granulemi. Byly to granule oxidu křemičitého (SiO_2).



Obrázek 23

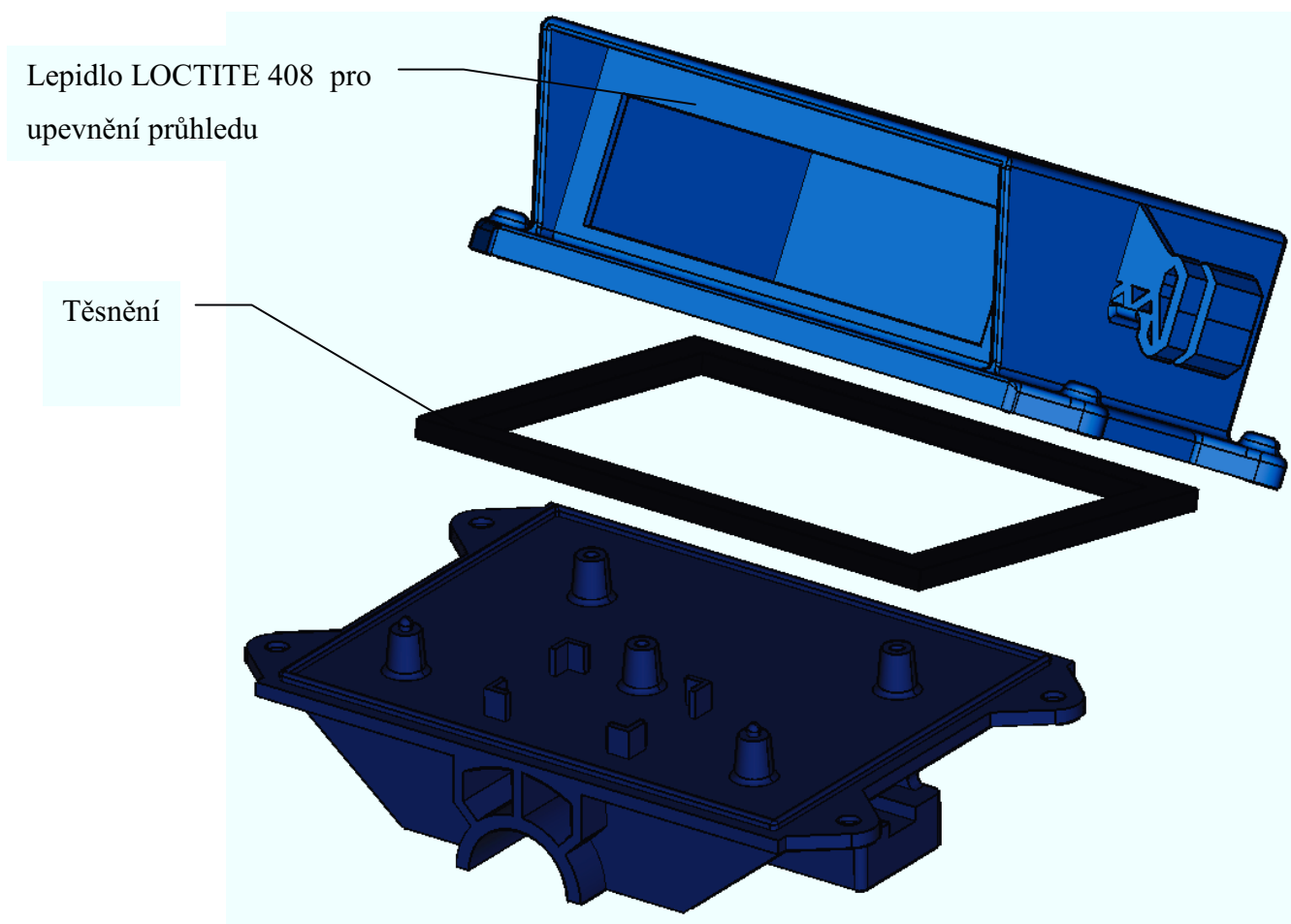
Granule SiO_2 [4] jsou v praxi známé pod názvem Silikagel [4]. Tento velmi účinný pohlcovač vlhkosti se využívá mimo obuvnický průmysl například při sušení bioplynu. Dokáže snížit v uzavřeném prostoru relativní vlhkost až o 40%. Po nasycení vodou jej není třeba vyhodit, ale lze jej vysušit při 150°C . Silikagel je chemicky netečný.

V krytu kamer je pod modulárním nosičem elektroniky místo pro uložení jednoho sáčku. Pro tento účel jsem tam vyrobil ohrádku a otvory v nosiči elektroniky. Ohrádka zamezí volnému pohybu sáčku uvnitř krytu, a otvory zajistí kontakt s vnitřní atmosférou.

4.4 Vyřešení vodotěsnosti krytu

Je vhodné, aby byl kryt kamer rozebíratelný. Hlavním důvodem je přístup ke kamerám a elektronice, jejichž upevnění je řešeno flexibilním modulárním systémem. V této konfiguraci je možné měnit obsah krytu dle aktuální potřeby a využití robotu.

Kryt bude těsněn rovinnou plochou žebra po celém obvodu spodní části. Použil jsem vysekávané pěnové těsnění, které bude mít pro toto technické provedení velmi dobré těsnící vlastnosti.



Obrázek 24

4.5 Osvětlení pracovního prostoru

Osvětlení pracovního prostoru robotu se bude řešit dvěma taktickými svítilnami s LED zdrojem světla. Návrh LED osvětlení pracovního prostoru mobilního robotu je zejména z pohledu elektroniky mimo rozsah této práce. Hlavně z tohoto důvodu se v této práci neřeší implementované osvětlení do krytu kamer, ale rozhodl jsem se pro hotový „nakupovaný“ externí zdroj světla. Zdroj bude připevněn na krytu kamer po obou jeho stranách a bude možno nastavit směr světelného toku.

Zaměřil jsem se zejména na taktické svítilny. Důvodem byla hlavně jejich světelná výkonnost ve skvělém poměru vůči mechanickým vlastnostem a odolností proti povětrnostním podmínkám. Ceny taktických svítilen začínají kolem 800 Kč a šplhají se až k 6-ti tisícům Kč.

Byla vybrána taktická svítilna kompaktních rozměrů (Obrázek č. 27) a s jednoduchým upevněním na kryt.

Baterie:	2x CR123A
Doba svitu:	3 hodiny / baterie Li-Ion 3,7V 18650 2500mAh
Dosvit:	přes 200 metrů
Rozměry (v x š x h)	průměr těla: 25mm, průměr hlavy: 31mm, délka: 137mm
Hmotnost s baterií:	109 gramů

Tabulka 3 - Technické parametry [18]



Obrázek 25 [18]



Obrázek 26

Svítilna má vysoce výkonný zdroj a je primárně určená pro upevnění na zbraň, nebo puškohled. Výrobce ale nevylučuje běžné použití. Elektronika svítilny je chráněna proti vniknutí vody o-kroužkovým těsněním.

Z obrázku č. 26 je vidět, že průměr světelného kužele bude pro osvětlení mobilního robotu dostačující. Šířku osvětleného prostoru také zvětší nasazení dvou svítilen po

obou stranách krytu. V každém případě je doporučeno před nákupem této svítilny ji nejprve vyzkoušet například v obchodě s loveckými potřebami.

4.6 Připevnění svítilny na kryt kamer

LED svítilna je připevněna ke krytu po obou jeho stranách na lichoběžníkových kolejnicích. Sevření je zajištěno jedním šroubem, který zároveň brání posuvu svítilny ve směru světelného toku.



Obrázek 27

4.7 Výpočet celkové hmotnosti sestavy

Hmotnost sestavy je jedna z důležitých vlastností. Cílem bylo dosáhnout co nejmenší hmotnosti. Uvažované fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5.

hustota PC	0.0012 g/mm ³	=	1200 kg/m ³
hustota plechu	0.00785 g/mm ³	=	7850 kg/m ³

Tabulka 4

Z tabulky 6 vyplývá že hmotnost celé sestavy před optimalizací byla značně nepříznivá a bylo nutné ji snížit. Zejména změnou tloušťky stěn se dosáhlo o 28% menší hmotnosti (tabulka 7)

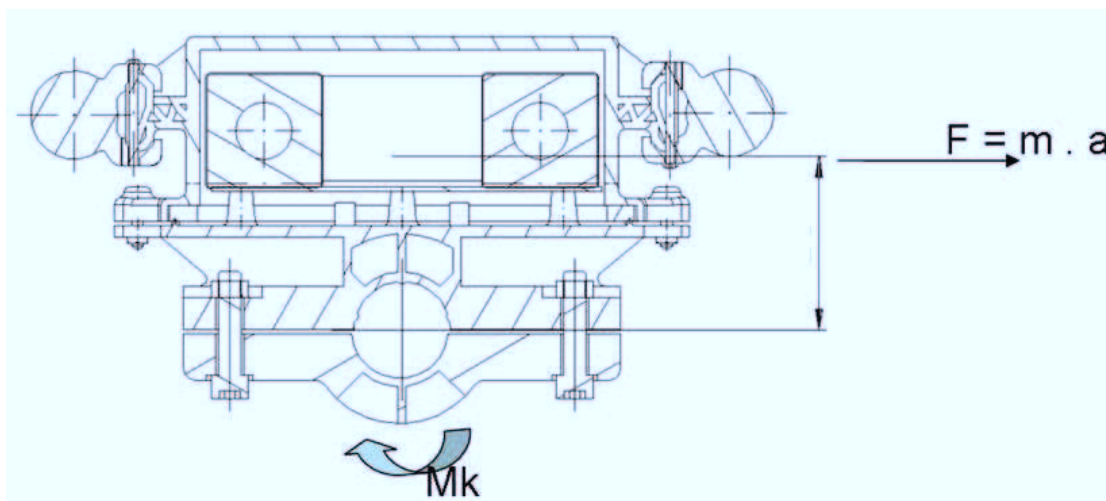
Před optimalizací	Hmotnost [g]
Celková hmotnost	3742
Horní kryt	744
Nosná část	1110
Osvětlení	240
Upínací část	474
Krycí sklo	38
Nosný plech	278
Centrála	42
Kabeláž a konektory	55
Větrák	50
Kamery	530
Spojovací materiál	145
Těsnění	30
Vnitřní šrouby	6

Tabulka 5

Po optimalizaci	Hmotnost [g]	Snížení hmotnosti [%]
Celková hmotnost	2695.88	-28%
Horní kryt	592.23	-20%
Nosná část	564.40	-49%
Osvětlení	240.00	0%
Upínací část	210.00	-56%
Krycí sklo	38.00	0%
Nosný plech	275.24	-1%
Centrála		-100%
Kabeláž a konektory	55.00	0%
Větrák		-100%
Kamery	530.00	0%
Spojovací materiál	140.00	-3%
Těsnění	30.00	0%
Vnitřní šrouby	6.00	0%
Pítlík silikagelu		15.00

Tabulka 6

4.8 Výpočet svěrného spoje



Obrázek 28

Vstupní hodnoty výpočtu

Průměr nosné trubky $d = 42 \text{ mm}$

Vzdálenost těžiště od osy trubky $r = 86 \text{ mm}$

Uvažované zrychlení $a = 10 \text{ ms}^{-2}$

Hmotnost sestavy $m = 2,6 \text{ g}$

Výpočet

Zatížení:

Točivý moment $M_k = 2,236 \text{ Nm}$

Axiální síla $F_a = 26 \text{ N}$

Součinitel sevření $v = 0,15$ -

Bezpečnost proti skluzu $k_s = 2,2$ -

Rozměry:

Průměr hřídele $d = 42 \text{ mm}$

Délka náboje $l = 165 \text{ mm}$

Dovolený tlak - materiál hřídele - druh namáhání:

Vlastní

Dovolený tlak $p_d = 0,5 \text{ MPa}$

Výsledky výpočtu:

Potřebná délka náboje = 24,366 mm

Výsledný redukovaný tlak = 0,074 MPa

Osová síla na jeden šroub = 256,41 N

Kontrola spoje - Vyhovuje

Výpočet svěrného spoje : 1

Soubor Přenos Nástroje nápověda

Zatížení

Točivý moment Mk 2,236 Nm

Axiální síla Fa 26 N

Součinitel sevření v 0,15 -

Bezpečnost proti skluzu ks 2,2 - střídavé zatížení -

Rozměry

Průměr hřídele d 42 mm

Délka náboje l 165 mm

Rozečce b 25 c 12,5 mm

Počet spojovacích šroubů i 2 -

Dovolený tlak - materiál hřídele - druh namáhání Vlastní

Dovolený tlak pd 0,5 MPa

Vypočítat Databáze

Výsledky výpočtu

Potřebná délka náboje 24,366 mm

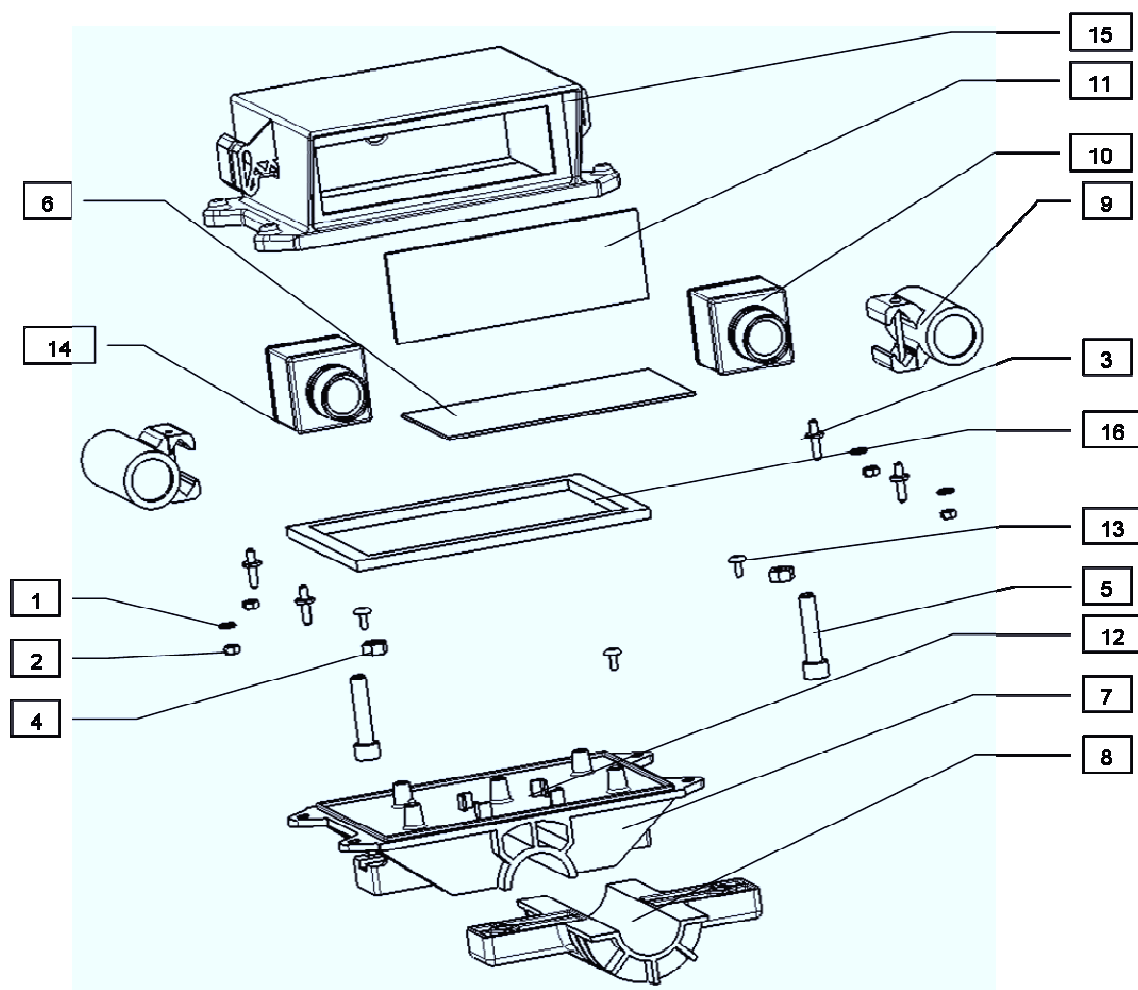
Výsledný redukovaný tlak 0,074 MPa

Osová síla na jeden šroub 256,41 N

Kontrola spoje Vyhovuje

Obrázek 29 – výpočet v programu MechSoft Profi

4.9 Montážní postup

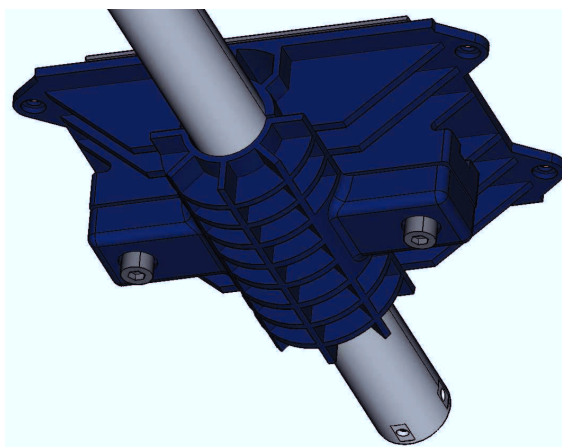


Obrázek 30

1. Kamery (10) připevněte každou čtyřmi šrouby (14) na plechovou desku (6).
2. Vložte sáček s SiO₂ (12) do ohrádky v nosné části (7).
3. Položte podsestavu kamer s podsestavou plechové desky na nosnou část se sáčkem SiO₂ a to tak aby deska sáček přikryla.
4. Pomocí 3 samořezných šroubů (13) připevněte plechovou desku k nosné části.
5. Vezměte krycí část (15) a nalepte na její spodní část těsnění (16) a do 4 otvorů našroubujte samopřezné šrouby (3).
6. Na krycí část nalepte lepidlem LOCTITE 408 z venkovní strany krycí sklo (11).
7. Podsestavu horního krytu položte na podsestavu nosné části a zajistěte maticí M5 (2) s podložkou (1).

8. Na krycí část (15) upevněte LED svítidlo (9) a zajistěte šroubem, který je jejich součástí.
9. Složenou podsestavu přiložte shora k manipulačnímu ramenu robotu a zdola přiložte upínací část (8)
10. Svěrný spoj zajistěte šrouby M10 (5) a maticemi (4)

Pro upevnění krytu kamer na rameno jsem zvolil svěrný spoj (obrázek 30). Síla sevření je vyvolána dvěma šrouby M10. Matice se nachází v nosné části krytu v drážce, která zamezuje jejímu protočení.



Obrázek 31

Při každém otevření krytu je třeba vyměnit sáček s SiO_2 (Silikagel). Silikagel lze vysušit v peci při teplotě 150°C a znovu použít. Minimální interval výměny sáčku s obsahem SiO_2 je jednou za rok. Výměna se provádí následovně:

1. Povolte 4 matice (2) a spolu s podložkami (1) je odstraňte z krytu.
2. Sejměte horní část krytu (15).
3. Odšroubujte 3 šrouby (13).
4. Sejměte plechovou desku s kamerami.
5. Vyndejte sáček s SiO_2 (12).

Složení krytu proveďte opačným postupem. Před opětovným složením je doporučeno vyčkat minimálně 4 hodiny na relaxaci těsnění v horní části krytu. Zlepší se tím těsnící vlastnosti proti vniknutí vody.

5. Závěr

Především díky informacím z internetu jsem prostudoval možnosti krytování kamer pro různé využití. Našel jsem vhodné osvětlení pro provoz a práci robotu. Rovněž jsem vycházel ze zkušeností při návrhu světlometů a svítlen pro automobilový průmysl. Při studiu vlastností plastů jsem pochopil, že plastový kryt nelze zcela utěsnit proti vniknutí vody.

Kondenzaci na průhledu pro kamery se mi podařilo redukovat levným a jednoduchým řešením pomocí granulí oxidu křemičitého. Flexibilitu celého systému zlepšuje modulární řešení nosné plechové desky. Modul lze snadno uvolněním tří šroubů vyndat a nahradit jiným typem konfigurace elektronických součástek podle aktuálních požadavků, a bez nutnosti výroby nového krytu. Podrobněji jsem se nezabýval specifikací těsnění, protože se často vyrábějí na zakázku a ve větších sériích. Těsnění bude třeba odzkoušet. Výroba jednoho kusu se může realizovat vystřížením ze vzorového kusu od výrobce. Nejvhodnější bude těsnění opatřené z jedné strany samolepící páskou.

Pro datové a energetické kabely jsem připravil v zadní části krytu otvor, který je možné opatřit těsněnou gumovou průchodkou. Provedení průchodky bude záviset na druhu kabelů, které budou vycházet ven z krytu. Řešením této problematiky se bude ještě třeba zabývat.

Kryt může být vhodné opatřit povrchovou úpravou. Například vytmelením nerovností a nalakováním. Ponořením do terpentínu je možné upravit jak vzhledové tak mechanické vlastnosti krytu.

Samotné upevnění krytu k nosnému rameni robotu je možno ještě řešit zdvojnásobením počtu šroubů a jejich umístěním na konce upínací části. Tímto řešením by se mohlo snížit silové namáhání plastových dílů a zároveň se lépe rozložit upínací síla po celé upínací délce. Nevýhodou tohoto řešení je nárůst hmotnosti. Pro zvýšení součinitele tření a tím zamezení jakéhokoliv pohybu celé

sestavy po rameni robotu je možné omotat část ramena například kobercovou páskou.

Hmotnost krytu lze snížit při samotné tisku technologií FDM volbou druhu struktury (tzv. voštinová struktura) vnitřní části materiálu. Doporučuji toto řešení zejména u horního krytu.

Reference

- [1] HEWSON, E. W. and LONGLEY, R. W., Meteorology Theoretical and Applied (New York: John Wiley & Sons, 1944).
- [2] BERRY, F. A., Jr., BOLLAY, E. and BEERS, N. R., eds., Handbook of Meteorology (New York: McGraw-Hill, 1945).
- [3] MIDDLETON, W. E. K. and SPILHAUS, A. F., Meteorological Instruments, 3rd ed. (Toronto: University of Toronto Press, 1953). pp. 243-264.
- [4] *Vysoušedla* [online], BRANOPAC CZ s.r.o., [15.3.2010] , Dostupný z WWW:
<<http://www.branopac.cz/vysousedla.html?web=pac&sb=sortiment>>
- [5] *Taktická svítlna*, [online], internetový obchod Prolov, [15.3.2010], Dostupný z WWW: <<http://www.prolov.cz/takticke-svitilny/lovecka-svitilna-na-zbran-250-lumenu-prislusenstvi-new/>>
- [6] *Goretexové membrány*, [online], Goretex©, Dostupný z WWW:
<http://www.goretex.cz/remote/Satellite?c=fabrics_cont_land_c&childpagename=goretex_cs_CZ%2Ffabrics_cont_land_c%2FFabricTechnologiesChapterOneLandingSEO&cid=1183947839620&p=1183947843919&pagename=SessionWrapper>
- [7] *Vlhkost vzduchu*, [online], Dostupný z WWW:
<<http://mysite.du.edu/~etuttle/weather/atphys.htm>>
- [8] *Upevnění svítlny*, [online], AlfaTactical, [Aktualizace 17.05.2011], Dostupný z WWW: <http://www.alfatactical.cz/index.php?Light_Mount_-_Universal_-_Type_1&detail=3858>
- [9] *Upevnění svítlny*, [online], AlfaTactical, [Aktualizace 17.05.2011], Dostupný z WWW:
<[http://www.alfatactical.cz/index.php?Montaz_svitilny,_Rail_\(BK2\)&detail=6222](http://www.alfatactical.cz/index.php?Montaz_svitilny,_Rail_(BK2)&detail=6222)>
- [10] *Stratasys Inc*, 3D tisk, [online], Dostupný z WWW:
<http://www.stratasys.com/Solutions.aspx?utm_source=Google&utm_medium=PPC&utm_campaign=Brand-Stratasys&_kk=stratasys&_kt=390d4cd5-fa61-4119-94b1-1e97573831b7&gclid=CJ-Iy6LJ3KgCFRof3wod_iPZQw>

- [11] *Upevnění svítilny*, [online], AlfaTactical, [Aktualizace 17.05.2011], Dostupný z WWW: <http://www.alfatactical.cz/index.php?Light_Mount_-_Universal_-_Type_1&detail=3858>
- [12] *Upevnění svítilny*, [online], AlfaTactical, [Aktualizace 17.05.2011], Dostupný z WWW: <[http://www.alfatactical.cz/index.php?Montaz_svitilny,_Rail_\(BK2\)&detail=6222](http://www.alfatactical.cz/index.php?Montaz_svitilny,_Rail_(BK2)&detail=6222)>
- [13] *Robot Hercules*, Katedra robotechniky, [online], Dostupný z WWW: <<http://robot.vsb.cz/mobilni-roboty/>>
- [14] *Hliníkové kryty kamer*, SAMA Industrial Co. Ltd., [online], Dostupný z WWW: <<http://www.samalumi.com/en/products/camera-housing-profile.html>>
- [15] *Plastový kryt kamer*, KPZ Electronics, s.r.o., [online], Dostupný z WWW: <<http://www.ekpz.cz/pih-5040s-vnitri-kryt-na-kamery-plastovy.html>>
- [16] *Robot Orpheus*, Robotic Systém Project, [online], Dostupný z WWW: <<http://www.orpheus-project.cz/index.php?ids=galery&lab=AC&gal=1&cid=6>>
- [17] *Kamera USB, CCD*, Imagin Source®, [online], Dostupný z WWW: <http://www.theimagingsource.com/en_US/products/cameras/usb-ccd-color/dfk21bu04/>
- [18] *Taktická svítilna*, Fabdefense, [online], Dostupný z WWW: <<http://www.fab-defense.com/en/category-flashlights-and-laser-mounts/id-210/1-inch-tactical-flashlight-w-integrated-picatinny-adaptor.html>>
- [19] *FITTE a. s.*, [online], Dostupný z WWW: <<http://www.fite.cz/>>
- [20] SKAŘUPA, J.; *Průmyslové roboty a manipulátory*; 1. vydání, Ediční středisko VŠB-TUO 2007, 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0
- [21] KONEČNÝ, Z.; *Základy technické dokumentace; Rozhodovací proces a jeho nástroje*, [online], Dostupný z WWW: <http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/TD%20elektronicka%20skripta/TD_kap_08.pdf>

Přílohy

- I. Sestavný výkres KRYT KAMER BP_2011
- II. CAD model Robot_eyes.CATProduct

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce za motivaci a vedení při jejím zpracování. Děkuji panu Ing. Vladimíru Dobrušovi za čas věnovaný konzultacím k vyrobiteľnosti krytu pomocí technologie FDM.